Journal of Agricultural Machinery
Vol. 10, No. 2, Fall- Winter 2020, p. 299-311

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۹، ص ۳۱۱-۲۹۹

تاثیر فشردگی و رطوبت خاک بر هدایت الکتریکی ظاهری خاک و مقاومت غلتشی لاستیک تراکتور

غزاله صفر علیزاده هریسی[1]، علی محمد برقعی[2]، احمد شریفی مالواجردی[3*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۴

چکیده

امروزه فشردگی، یکی از عوامل مهم و تاثیرگذار بر خاک و رشد محصولات کشاورزی است. فشردگی به معنی افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک است که باعث فشرده شدن ذرات نزدیک به هم خاک می‌شود. هدایت الکتریکی ظاهری (EC_a) در محیط‌های مثل آب یا خاک، بیانگر مقدار املاح معدنی محلول است که معیاری از میزان املاح و شوری در خاک و آب به‌شمار می‌آید. قابلیت هدایت الکتریکی ظاهری محلول خاک، متناسب با غلظت یون‌ها در محلول خاک است به‌طوری‌که هرچه غلظت یون‌ها در یک محلول خاک بیشتر باشد هدایت الکتریکی ظاهری آن نیز بیشتر خواهد بود. مقاومت غلتشی چرخ‌ها با دو فرآیند تغییر شکل خاک و تغییر شکل چرخ‌ها معرفی می‌شود. پژوهش حاضر به بررسی تأثیر فشردگی و رطوبت خاک بر هدایت الکتریکی ظاهری خاک و مقاومت غلتشی لاستیک تراکتور پرداخته است. آزمایش‌ها در قالب آزمون فاکتوریل در سه سطح فشردگی خاک ۲، ۴ و ۶ بار عبور غلتک به‌ترتیب با وزن مخصوص ۱/۴۷، ۱/۵۴ و ۱/۶۹ گرم بر سانتی متر مکعب و سه سطح رطوبت خاک ۱۰درصد ، ۱۲درصد و ۱۴درصد در سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که با افزایش میزان رطوبت خاک، میزان مقاومت غلتشی و هدایت الکتریکی ظاهری آن افزایش یافت. همچنین با افزایش فشردگی خاک، مقاومت غلتشی آن کاهش یافت. به‌طوری‌که هدایت الکتریکی ظاهری خاک با وزن مخصوص ۱/۴۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب ۱۲ درصد، با وزن مخصوص ۱/۵۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب ۳۹ درصد و با وزن مخصوص ۱/۶۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب ۱۳ درصد افزایش یافت. همچنین با افزایش وزن مخصوص در رطوبت ۱۰درصد، ۱۲درصد و ۱۴درصد به‌ترتیب مقدار مقاومت غلتشی ۰/۶ درصد، ۲۹ درصد و ۱۸ درصد کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: آزمونگر تایر، شاخص مخروط، لاستیک تراکتور، وزن مخصوص خاک

مقدمه

فشردگی خاک، به دلیل تردد تراکتور و ادوات در مزرعه به‌وجود می‌آید. افزایش فشردگی خاک یکی از عوامل محدودکننده در رشد گیاه است بنابراین باید توجه بیشتری به فشردگی خاک داشت. تحقیقات نشان می‌دهد ریشه‌های گیاه به بیش از ۱۰ درصد تخلخلی که با هوا پر می‌شود نیاز دارد و در صورتی‌که به علت فشردگی خاک، این مقدار درصد کاهش یابد، تاثیر منفی بر رشد و عملکرد گیاه می‌گذارد. فشردگی نه تنها باعث تخریب ساختار خاک می‌شود بلکه منجر به تشکیل ساختار سنگین‌تر خاک با حفره‌های طبیعی می‌شود (Duiker, 2004). فشردگی خاک ناشی از تردد تراکتور باعث اثرات زیان‌بار بر کیفیت دانه‌بندی می‌شود. فشردگی، فضای خالی و ظرفیت نگه‌داشت آب در خاک، بر عملکرد محصول تاثیرگذار است (Ahmadi and Ghaur, 2015). فشردگی خاک باعث تخریب ساختار خاک می‌شود که بر تغییرات خواص فیزیکی خاک تاثیر مستقیم دارد. فشردگی خاک بر محیط فیزیکی خاک تاثیر زیادی دارد و باعث ایجاد شرایط ناخوشایند برای رشد ریشه و محدود کردن اکسیژن، آب و مواد مغذی در خاک می‌شود (Glab and Gondek, 2013). تحقیقاتی که در آمریکای شمالی و اروپا انجام شده، نشان می‌دهد که محصولات به فشردگی خاک پاسخ می‌دهند و در یک سال خشک، ممکن است فشردگی کم باشد یا این که افزایش یابد. خاکی که فشردگی کمی دارد می‌تواند سرعت جوانه‌زنی بذر را افزایش دهد زیرا بذر در تماس مناسب با خاک است و باعث عملکرد بهتر محصول می‌شود (Dejong-Hughes, 2003).

هنگامی‌که چرخ روی خاک نرم حرکت می‌کند مقاومت غلتشی اتفاق می‌افتد و به‌عنوان برآیندی از دو فرآیند تغییر شکل خاک و تغییر شکل چرخ معرفی می‌شود. این نیروی مقاوم تحت تأثیر طراحی تایر و پارامترهای حرکتی چرخ و ویژگی‌های زمین است (Ghashlaghi and Mardani, 2016). مقاومت غلتشی ارتباط مستقیم با تغییر شکل‌های به‌وجود آمده در چرخ و سطح زیر چرخ دارد. مقاومت غلتشی، مقاومتی است که تحت تأثیر دو عامل ایجاد

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
۲- استاد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
۳- دانشیار، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: a.sharifi@areeo.ac.ir)
DOI: 10.22067/jam.v10i2.75155

می‌شود که اولین عامل آن باعث تغییر شکل ماده می‌شود و شامل نیرویی است که صرف تغییر شکل لاستیک شده و باعث ایجاد پسماند حرارتی می‌شود. دومین عامل نیرویی است که صرف تغییر شکل خاک یا مسیر حرکت لاستیک می‌شود و برای نفوذ لاستیک به داخل خاک و کنار زدن توده خاک از مقابل لاستیک مصرف می‌شود (Mohammadzadeh, 2011). مقاومت غلتشی تأثیر زیادی در نشست خاک دارد که کاهش انرژی و نشست خاک دارای رابطه مستقیم با هم هستند به‌طوری‌که با افزایش مقاومت غلتشی، نشست خاک نیز افزایش می‌یابد (Elahi hesar *et al*., 2014). مطالعه و بررسی شوری خاک و اندازه‌گیری هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (EC_e) مهم است. با توجه به غلظت کل نمک‌های محلول می‌توان این پارامتر را با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی محلول به کمک هدایت‌سنج الکتریکی مشخص کرد (Zare- Abyaneh *et al*., 2013). شوری خاک باعث کاهش رشد گیاه، کاهش تولید و عملکرد محصولات کشاورزی می‌شود به همین علت کاهش پتانسیل اسمزی در اثر شوری، جذب آب توسط گیاه را مشکل می‌کند و همین طور تعادل عناصر غذایی گیاه را برهم می‌زند (Baradaran Motie *et al*., 2009). هدایت الکتریکی ظاهری خاک (EC_a) بیانگر توانایی رسانش الکتریکی جریان مستقیم در خاک می‌باشد. هدایت الکتریکی بر خصوصیات شیمیایی و فیزیکی از جمله میزان نمک‌های محلول موجود در خاک، شوری، ظرفیت تبادل کاتیونی، بافت خاک، محتوای مواد ارگانیک، رطوبت و ظرفیت نگهداری آب و فشردگی موثر است (Naderi Boldaji *et al*., 2016). لذا در این تحقیق، اثر فشردگی و رطوبت خاک بر مقاومت غلتشی لاستیک تراکتور و هدایت الکترکی ظاهری خاک مورد بررسی قرار گرفت. میزان هدایت الکتریکی ظاهری خاک، در فشردگی‌ها و رطوبت‌های مختلف خاک در نقاط وسط خط تردد یک لاستیک تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ و در طول مسیر حرکت آن اندازه‌گیری شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در آزمایشگاه دینامیک خاک موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی واقع در کرج انجام شد. آزمایشات در مخزن خاک با عرض ۱/۷ متر و طول ۲۴ متر که دارای خاکی با بافت لومی رسی بود، انجام شد. خاک به‌صورت لایه‌های ۵ سانتی‌متری و تا عمق ۲۰ سانتی‌متری توسط واحد آماده‌کننده خاک (شکل ۱) تهیه گردید. روی هر لایه از خاک، آب به‌طور یکنواخت پاشیده شد و به رطوبت مورد نظر رسید. متغیرهای وابسته این آزمایش عبارتند از: مقاومت غلتشی و هدایت الکتریکی که به‌ترتیب مقادیر آن توسط دستگاه‌های تورک‌متر و ای‌سی‌متر پرتابل اندازه‌گیری گردید. متغیرهای مستقل شامل فشردگی خاک و رطوبت خاک به‌ترتیب توسط پنترولاگر و استوانه نمونه‌برداری خاک اندازه‌گیری شد.

برای انجام این پژوهش از آزمایش فاکتوریل با سطوح فشردگی خاک در سه سطح ۲، ۴ و ۶ بار عبور غلتک به‌ترتیب با وزن مخصوص ۱/۴۷، ۱/۵۴ و ۱/۶۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب و رطوبت خاک در سه سطح ۱۰درصد، ۱۲درصد و ۱۴درصد در ۳ تکرار استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده تحقیق از نرم‌افزار آماری (SPSS) استفاده شد. ابزارهایی که مورد استفاده قرار گرفتند شامل: آزمونگر تایر، لاستیک عقب تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵، واحد آماده‌کننده خاک و ابزار اندازه‌گیری شامل تورک‌متر، پنترولاگر و ای‌سی‌متر پرتابل بودند. وزن غلتک و سرعت پیشروی آن به‌ترتیب ۳۵۰ کیلوگرم و ۳ کیلومتر بر ساعت بود. مشخصات خاکی که در این تحقیق مورد آزمایش قرار گرفت طبق جدول ۱ است.

جدول ۱- ترکیبات بافت خاک و مشخصه‌های مکانیکی خاک مخزن خاک

Table 1- Soil texture compositions and soil mechanical properties

ترکیبات بافت خاک Soil texture compositions	درصد Percent	مشخصه‌های مکانیکی Mechanical characteristics	درصد Percent
رس Clay	29	حد خمیری (PL) Plastic limit	22.3
سیلت Silt	33	حد روانی (LL) Liquid limit	32.3
شن Sand	38	حد انقباض (SL) Solid limit	10.8



شکل ۱– واحد آماده‌کننده خاک
Fig. 1. Soil preparation unit

آزمونگر تایر

داده‌های خام گشتاورسنج از طریق نرم‌افزار torque log برای تجزیه و تحلیل وارد اکسل شد. در این آزمایش بار عمودی ثابت ۴۰۰۰ نیوتن و فشار باد ثابت ۶۸۹۹ نیوتن بر متر مربع در نظر گرفته شد. لودسل روی آزمونگر تایر توسط نرم‌افزار (ARDINO UNO) مقدار اولیه نیرو، تعداد دوران و زمان را نشان می‌دهد. از طریق این نرم‌افزار مقدار ثابت بار عمودی مورد بررسی قرار گرفت. آزمونگر لاستیک در شکل ۲ نشان داده شده است. لاستیک عقب تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ روی این آزمونگر نصب شد. در شکل ۳ گشتاورسنج پشت لاستیک مسی فرگوسن نصب و مقدار گشتاور اندازه‌گیری شد و با جای‌گذاری آن در رابطه (۱) مقاومت غلتشی، به‌دست آمد (ASABE, 2009).

$$R_c = \frac{EMT \times 104 \times GE}{R} \quad (۱)$$

که در آن:

R_c، مقاومت غلتشی (N)

EMT، گشتاور الکتروموتور (N m)

۱۰۴، نسبت کاهشی گیربکس

GE، بازده گیربکس (درصد)

R، شعاع لاستیک مورد آزمون (m)



شکل ۲– آزمونگر لاستیک
Fig. 2. Tire tester



شکل ۳– گشتاورسنج
Fig. 3. Torque meter

اندازه‌گیری شاخص مخروط خاک

شکل ۴ دستگاه پنترولاگر یا نفوذسنج مدل (Eijkelkamp) ساخت کشور هلند را نشان می‌دهد. این دستگاه مقدار مقاومت به نفوذ خاک را اندازه‌گیری می‌کند. اندازه‌گیری قبل و بعد از عبور لاستیک مسی فرگوسن ۲۸۵ تا عمق ۲۰ سانتی‌متری انجام شد. سپس داده‌های اندازه‌گیری شده از طریق نرم‌افزار موجود (Pen viewer) در کامپیوتر، ذخیره و مقدار مقاومت به نفوذ خاک بر حسب مگاپاسکال به‌دست آمد. در این آزمایش با توجه به نوع بافت لومی رسی از نوک مخروطی با سطح مقطع یک سانتی‌متر مربع با زاویه راس مخروط ۳۰ درجه استفاده شد (ASABE, 2006).



شکل ٤- پنترولاگر
Fig. 4. Penetrologger

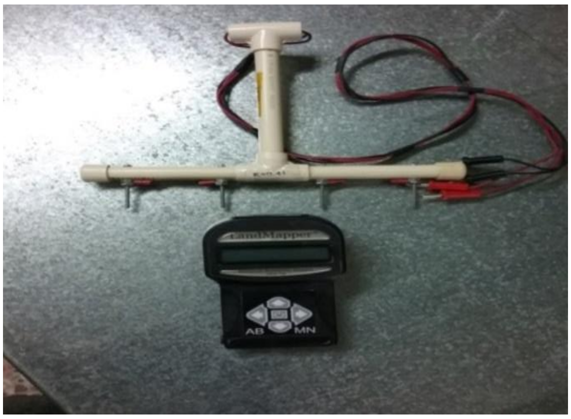


شکل ۵- نوک مخروطی استفاده شده در اندازه‌گیری
Fig. 5. Cone tip used in measurement

طبق شکل ۵ نوک مخروطی به دستگاه پنترولاگر متصل و در داخل خاک قرار داده شد و مقدار مقاومت به نفوذ خاک اندازه‌گیری شد. پس از اتمام کار با دستگاه پنترولاگر در هر آزمایش داده‌ها توسط نرم‌افزاز (Pen viewer) تحلیل و به برنامه اکسل وارد شد و داده‌های قبل و بعد از عبور تایر، در رطوبت‌های ۱۰ درصد، ۱۲ درصد و ۱۴درصد با وزن مخصوص ۱/۴۷، ۱/۵۴ و ۱/۶۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

اندازه گیری هدایت الکتریکی

شکل ۶ هدایت سنج الکتریکی ساخت کشور آمریکا با مدل Land Mapper بود. این دستگاه دارای پراب چهار الکترودی که برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی خاک استفاده می‌شود. اندازه‌گیری هدایت الکتریکی در نقاط مشخصی در روی خط وسط مسیر تردد لاستیک انجام شد. قبل و بعد از عبور لاستیک تفاوت هدایت الکتریکی خاک مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش در ۳ تکرار انجام شد. ابتدا مقدار اولیه (K_0*R) از روی دستگاه قرائت و مقدار (EC_a) با استفاده از کسر نمودن این مقدار از میانگین تکرارها محاسبه شد. در اینجا R مقاومت الکتریکی و K_0 ضریب ثابت می‌باشند (Anonymous, 2014).



شکل ٦- هدایت‌سنج الکتریکی
Fig.6. EC meter

اندازه‌گیری وزن مخصوص خاک

اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری در سه نقطه ابتدا، وسط و انتهای مسیر آزمون در عمق ۰ تا ۲۰ سانتی‌متر انجام شد. نمونه‌های خاک توسط استوانه نمونه‌گیری خاک برداشته شد و وزن آن‌ها اندازه‌گیری و در داخل دستگاه آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد، طبق رابطه (۲) مقدار جرم مخصوص ظاهری خاک اندازه‌گیری شد (Blake and Hartge, 1986).

$$\rho = \frac{W_d}{V} \quad (۲)$$

که در آن:

ρ، جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)

W_d، وزن خشک نمونه (گرم)

v، حجم استوانه نمونه‌گیری (سانتی‌متر مکعب)

رطوبت خاک

برای محاسبه رطوبت بر اساس وزن خشک برای ۳ تکرار در سه سطح رطوبت ۱۰درصد، ۱۲درصد و ۱۴درصد میزان وزن خاک تر و خشک در نقاط ابتدا، انتها و وسط خاک اندازه‌گیری و محاسبه شد. خاک به‌صورت لایه‌های ۵ سانتی‌متری و تا عمق ۲۰ سانتی‌متری توسط واحد آماده‌کننده خاک (Soil processor) در مخزن خاک (سویل‌بین) آماده گردید. روی هر لایه ۵ سانتی‌متری از خاک، آب به‌طور یکنواخت پاشیده می‌شد تا به رطوبت مورد نظر برسد. برای اندازه‌گیری رطوبت خاک در این آزمایش از دستگاه آون استفاده شد که نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در ظرف‌های مخصوص درون دستگاه آون قرار داده شد. پس از خشک شدن وزن آن اندازه‌گیری و طبق رابطه (۳) مقدار رطوبت اندازه‌گیری شد (Gardener, 1986).

$$M_c = \frac{W_w - W_d}{W_d} \times 100 \qquad (۳)$$

که در آن:

M_c، مقدار رطوبت (درصد)

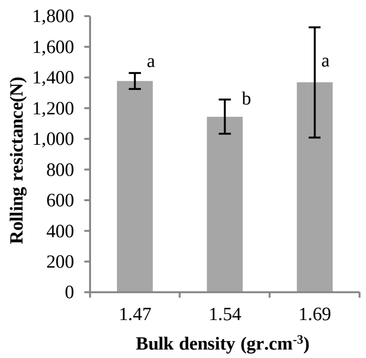
W_w، جرم تر نمونه (گرم)

W_d، جرم خشک نمونه (گرم)

نتایج و بحث

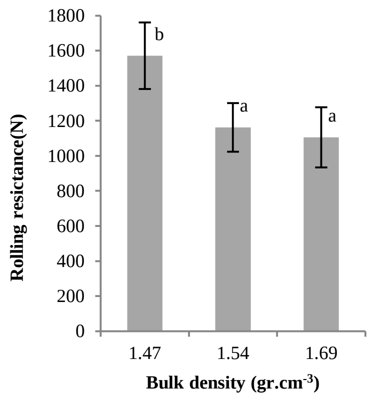
نتایج مقاومت غلتشی لاستیک

در این قسمت مقاومت غلتشی در رطوبت‌های ۱۰درصد، ۱۲درصد و ۱۴درصد با وزن مخصوص ۱/۴۷، ۱/۵۴ و ۱/۶۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آن در شکل‌های ۷، ۸ و ۹ نشان داده شده‌اند. طبق شکل‌های (۷)، (۸)، (۹) مقدار مقاومت غلتشی در رطوبت ۱۰، ۱۲ و ۱۴ درصد متفاوت به‌دست آمد که مقاومت غلتشی در رطوبت ۱۴درصد با وزن مخصوص ۱/۶۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب با مقدار ۱۰۴۸/۵۸ نیوتن کمتر از سایر سطوح فشردگی است. مقاومت غلتشی در رطوبت ۱۲درصد با وزن مخصوص ۱/۴۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب با مقدار ۱۵۷۰/۷۷ نیوتن بیشتر از سایر سطوح فشردگی است. بیشترین مقدار انحراف معیار برای وزن مخصوص ۱/۶۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب با مقدار ۵۴۶/۲۲ نیوتن و کمترین مقدار انحراف معیار برای ۱/۶۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب با مقدار ۴۲/۴۶ نیوتن بود.



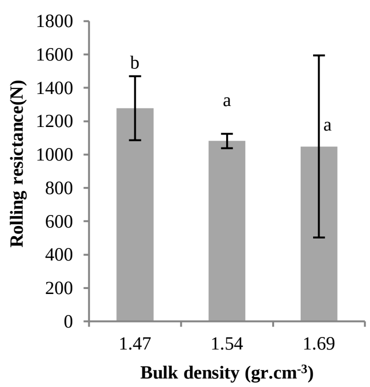
شکل ۷- مقدار میانگین مقاومت غلتشی- رطوبت ۱۰ درصد

Fig. 7. The average value of the rolling resistance-Soil moisture 10%



شکل ۸- مقدار میانگین مقاومت غلتشی- رطوبت ۱۲ درصد

Fig. 8. The average value of rolling resistance- Soil moisture 12%



شکل ۹- مقدار میانگین مقاومت غلتشی- رطوبت ۱۴درصد

Fig. 9. The average value of rolling resistance-Soil moisture 14%

جدول ۲، مقایسه میانگین مقاومت غلتشی در فشردگی‌های مختلف را نشان می‌دهد. مقدار مقاومت غلتشی در فشردگی ۲ بار عبور غلتک اختلاف معنی‌داری با فشردگی ۴ و ۶ بار عبور غلتک داشته است. مقدار مقاومت غلتشی در ۴ و ۶ بار عبور غلتک در یک گروه قرار می‌گیرند.

در جدول ۳، نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر مقاومت غلتشی لاستیک نشان داده شده است. اثر تمامی‌تیمارها بر مقاومت غلتشی در سطح احتمال ۵ درصد در نظر گرفته شده است، عددهای به‌دست آمده زیر سطح ۵ درصد معنی‌دار و بالای ۵درصد معنی‌دار نمی‌باشد که در این تجزیه و تحلیل طبق جدول، رطوبت معنی‌دار است، ولی برای فشردگی و اثر متقابل رطوبت و فشردگی معنی‌دار نمی‌باشد ($p < ۰/۰۵$).

جدول ۲- مقایسه میانگین مقاومت غلتشی در فشردگی‌های مختلف

Table 2- Comparison of the average rolling resistance at different compactions

فشردگی خاک (تعداد عبور غلتک) Soil compaction (Number of roll)	وزن مخصوص خاک Bulk density($gr.cm^{-3}$)	مقاومت غلتشی Rolling resistance (N)
2	1.47	1408.5^{b}
4	1.54	1184^{a}
6	1.69	1125.2^{a}

اعداد دارای حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

Non-significant difference between numbers with the same letter at level of 5%

جدول ۳- جدول تجزیه واریانس مقاومت غلتشی

Table 3- Analysis of variance of rolling resistance

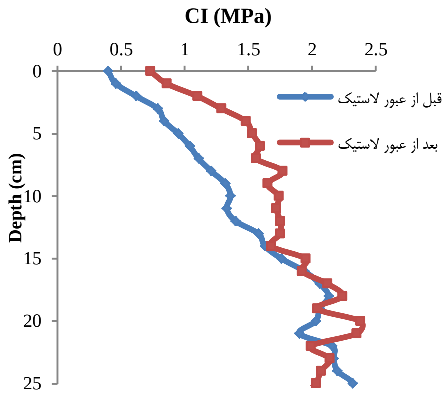
منابع تغییرات Source of variations	مجموع مربعات Sum of Squares	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squares	F	Sig.
مدل Model	40976387.778	9	4552931.957	95.843	0.000
فشردگی Compaction	233083.732	2	116541.866	2.453	0.114
رطوبت Moisture	439460.823	2	246730.411	5.194	0.017
فشردگی*رطوبت Compaction*Moisture	234660.009	4	58665.002	1.235	0.133
خطا Error	855069.469	18	47503.849		
جمع Total	41831457.247	27			

نتیجه به‌دست آمده در این آزمایش نشان داد که با افزایش رطوبت، میزان فشردگی افزایش یافت و با کاهش رطوبت میزان مقاومت غلتشی خاک افزایش یافت. هرچه میزان فشردگی افزایش یافت مقدار مقاومت غلتشی خاک کاهش و هرچه میزان فشردگی کمتر شد مقدار مقاومت غلتشی خاک افزایش یافت.

مشابه نتایج به‌دست آمده در این تحقیق، بدین صورت می‌باشد که مقاومت غلتشی حاصل از حرکت چرخ‌های تراکتور بر روی خاک، باعث افت بخشی از نیروی کششی می‌شود. در حرکت تایر روی سطح نرم به دلیل تغییر شکل پلاستیک خاک رد لاستیک روی خاک باقی می‌ماند. با نفوذ لاستیک به داخل خاک، خاک زیر چرخ متراکم شده و به سمت کناره‌ها و جلوی چرخ حرکت کرده و موج کمانی ایجاد می‌کند که این تغییر فرم پلاستیک خاک عامل اصلی ایجاد مقاومت غلتشی در خاک نرم می‌باشد. با بالارفتن مقاومت غلتشی نیروهای عبورداده شده از منطقه‌ی تماس نیز بیشتر شده و خاک دچار تغییر شکل بیشتری می‌شود که این عامل باعث افزایش نشست در سطح خاک می‌شود. مقاومت غلتشی به‌عنوان یک عامل هدر رفت انرژی تأثیر به‌سزایی در نشست ایجاد شده در خاک دارد این دو دارای رابطه‌ای منطقی با یکدیگر می‌باشند. به‌طوری‌که همواره با افزایش مقاومت غلتشی، نشست خاک نیز بیشتر می‌شود (Elahi-hesar *el at.*, 2013).

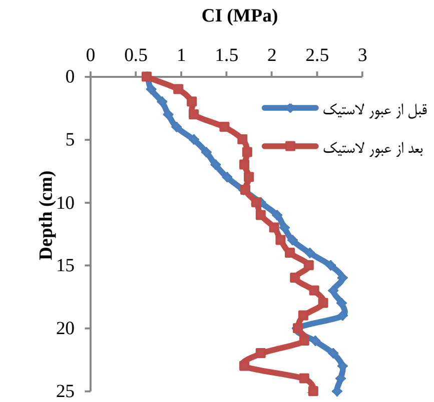
نتایج فشردگی

در این قسمت محاسبه‌هایی بر روی فشردگی در رطوبت‌های ۱۰درصد، ۱۲درصد و ۱۴درصد انجام گرفت و وزن مخصوص ۱/۴۷، ۱/۵۴ و ۱/۶۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب انجام شد. تمامی فشردگی‌های اندازه‌گیری شده یک بار قبل و یک بار بعد از عبور لاستیک مورد بررسی قرار گرفت. مقدار شاخص مخروط خاک قبل و بعد از عبور لاستیک که در رطوبت‌های ۱۰ درصد در نمودار (۱۰)، (۱۱) و (۱۲) نشان داده شده است. مقدار شاخص مخروط خاک قبل از عبور لاستیک در رطوبت ۱۰درصد با وزن مخصوص ۱/۴۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب با مقدار ۱/۲۱۱ مگاپاسکال کمتر از سایر وزن مخصوص‌ها به‌دست آمد ولی بعد از عبور لاستیک افزایش را با مقدار ۱/۵۶۶ مگاپاسکال داشت.



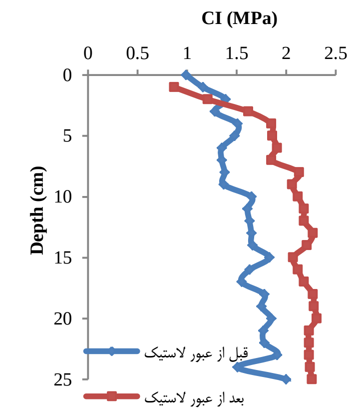
شکل ۱۰– مقدار شاخص مخروط در رطوبت ۱۰ درصد با وزن مخصوص ۱/۴۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب

Fig. 10. Cone index at 10% moisture content with bulk density of 1.47 g.cm^{-3}



شکل ۱۱– شاخص مخروط در رطوبت ۱۰ درصد با وزن مخصوص ۱/۵۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب

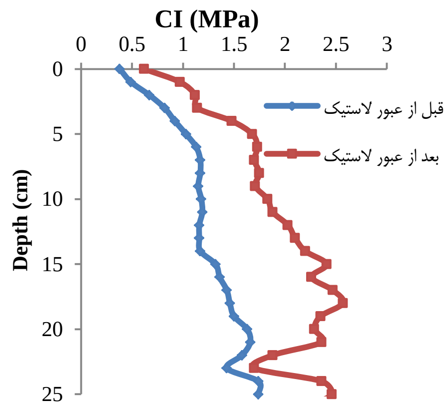
Fig. 11. Cone index at 10% moisture content with bulk density of 1.54 g.cm^{-3}



شکل ۱۲– شاخص مخروط خاک در رطوبت ۱۰ درصد با وزن مخصوص ۱/۶۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب

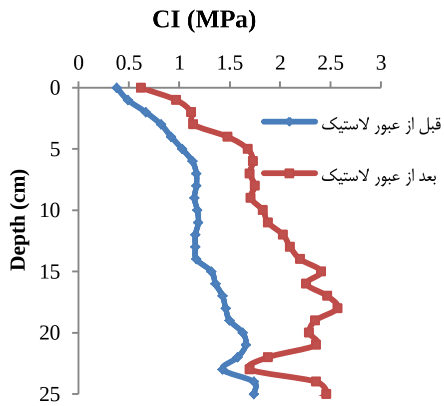
Fig. 12. Cone index at 10% moisture content with bulk density of 1.69 g.cm^{-3}

مقدار شاخص مخروط خاک قبل و بعد از عبور لاستیک در رطوبت ۱۲ درصد با وزن مخصوص ۱/۴۷، ۱/۵۴ و ۱/۶۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب در شکل‌های (۱۳)، (۱۴) و (۱۵) نشان داده شده است. مقدار شاخص مخروط خاک قبل از عبور لاستیک در رطوبت ۱۲ درصد با وزن مخصوص ۱/۵۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب را با افزایش مقدار ۱/۲۴ مگاپاسکال داشت و بعد از عبور لاستیک به مقدار ۱/۴۲ مگاپاسکال افزایش یافت.



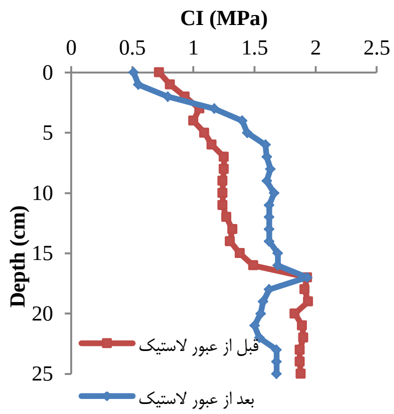
شکل ۱۳ – شاخص مخروط خاک در رطوبت ۱۲درصد و با وزن مخصوص ۱/۴۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب

Fig. 13. Cone index at 12% moisture content with bulk density 1.47 g.cm^{-3}



شکل ۱٤– شاخص مخروط خاک در رطوبت ۱۲درصد و با وزن مخصوص ۱/۵۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب

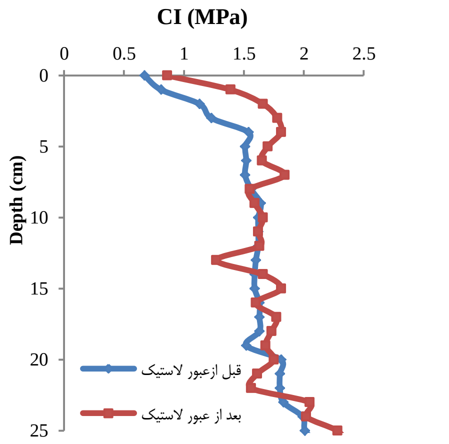
Fig. 14. Cone index at 12% moisture content with bulk density 1.54 g.cm^{-3}



شکل ۱۵– شاخص مخروط خاک در رطوبت ۱۲ درصد با وزن مخصوص ۱/۶۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب

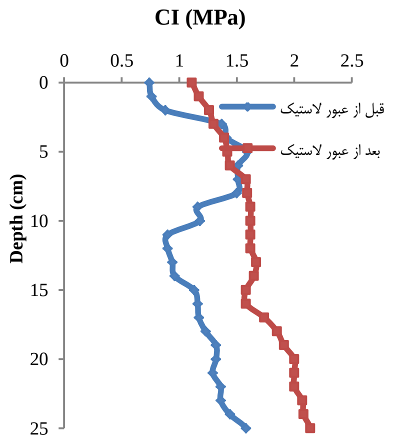
Fig. 15. Cone index at 12% moisture content with bulk density 1.69 g.cm^{-3}

مقدار شاخص مخروط خاک قبل و بعد از عبور لاستیک در رطوبت ۱۴ درصد با وزن مخصوص ۱/۴۷، ۱/۵۴ و ۱/۶۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب در شکل‌های (۱۶)، (۱۷) و (۱۸) نشان داده شده است. مقدار شاخص مخروط خاک قبل از عبور لاستیک در رطوبت ۱۴درصد با وزن مخصوص ۱/۵۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب با مقدار ۱/۲۳ مگاپاسکال افزایش زیادی داشت ولی بعد از عبور لاستیک به مقدار ۱/۳۴ مگاپاسکال افزایش یافت.



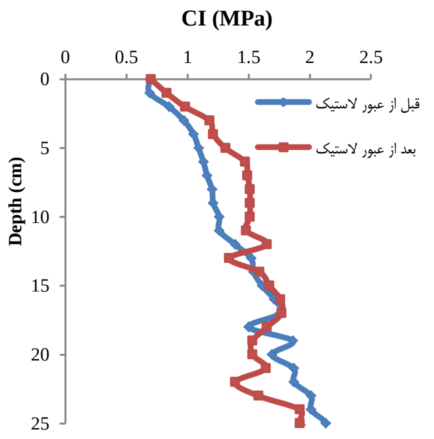
شکل ۱٦– شاخص مخروط در رطوبت ۱۴درصد و با وزن مخصوص ۱/۴۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب

Fig. 16. Cone index at 14% moisture content with bulk density1.47 g.cm^{-3}



شکل ۱۷– شاخص مخروط در رطوبت ۱۴درصد و با وزن مخصوص ۱/۵۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب

Fig. 17. Cone index at 14% moisture content with bulk density 1.54 g.cm^{-3}



شکل ۱۸– شاخص مخروط خاک در رطوبت ۱۴ درصد با وزن مخصوص۶۹ /۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب

Fig. 18. Cone index at 14% moisture content with bulk density1.69 g.cm^{-3}

نتایج نشان داد، هرچه میزان فشردگی افزایش یابد میزان شاخص مخروطی خاک (CI) نیز افزایش می‌یابد بدین معنی که شاخص مخروطی خاک (CI) با فشردگی رابطه مستقیم دارد ولی شاخص مخروط خاک با رطوبت رابطه عکس داشت هرچه میزان رطوبت کمتر شد میزان شاخص مخروط خاک افزایش یافت.

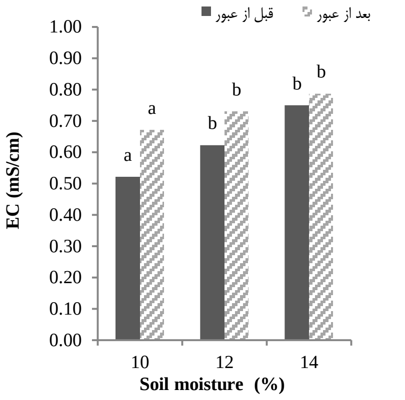
در تحقیق دیگری توسط عباسپور گیلانده و شایگان سلطانپور در سال ۲۰۱۳، مقادیر شاخص مخروط خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شده است، نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به اندازه‌گیری شاخص مخروط خاک و ضریب تغییرات داده‌های شاخص مخروط خاک معادل ۱۳/۳۳ درصد می‌باشد، که اثرات اصلی بافت خاک، رطوبت، تردد تراکتور و عمق به‌طور مجزا بر شاخص مخروطی خاک معنی‌دار است (Abbaspour-Gilandeh and Shaygani-Soltanpour, 2014).

طبق آزمایش مجموعه داده‌ها برای بررسی چگونگی تغییر شاخص مخروط خاک با عمق خاک، پارامترهایی از جمله بافت خاک، چگالی خاک و رطوبت مورد تحلیل قرار گرفت، نتایج نشان داد که برای خاک‌ورزی و شخم معمولی، مقادیر شاخص مخروط خاک با افزایش رس به‌وضوح کاهش می‌یابد، با افزایش شن و ماسه و درصد خاکستر خاک مقدار شاخص مخروط خاک افزایش می‌یابد. به‌طور مثال تراکم بالا در عمق خاک بیشتر می‌شود، در نتیجه مقدار شاخص مخروط خاک بالاتر می‌رود در حالی‌که رطوبت بیشتر می‌شود این مقدار کاهش می‌یابد (Kumar *et al.*, 2012).

نتایج هدایت الکتریکی

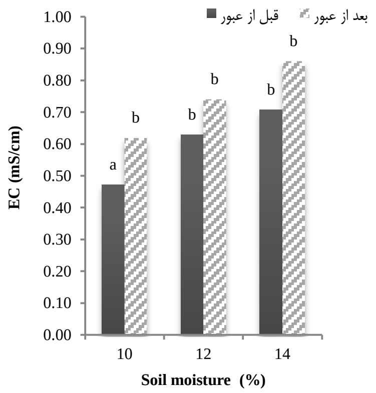
طبق نمودار (۱۹)، (۲۰) و (۲۱) در رطوبت ۱۰، ۱۲ و ۱۴ درصد آزمایش‌های انجام شده مقدار هدایت الکتریکی قبل و بعد از عبور لاستیک در رطوبت ۱۰درصد با وزن مخصوص ۱/۴۷، ۱/۵۴ و ۱/۶۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب مورد مقایسه قرار گرفته است که هدایت الکتریکی با وزن مخصوص ۱/۶۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب بعد از عبور لاستیک بیشترین مقدار را نشان می‌دهد با وزن مخصوص ۱/۵۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب قبل از عبور لاستیک مقدار هدایت الکتریکی کمی متفاوت به‌دست آمد و مقدار هدایت الکتریکی در وزن مخصوص‌های مختلف بعد از عبور لاستیک بیشتر از مقدار هدایت الکتریکی قبل از عبور لاستیک می‌باشد.

طبق جدول ۵، مقایسه میانگین هدایت الکتریکی بعد از عبور لاستیک بدین صورت می‌باشد که مقدار هدایت الکتریکی با وزن مخصوص ۱/۴۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب تفاوت معنی‌داری با مقدار هدایت الکتریکی با وزن مخصوص ۱/۵۴ و ۱/۶۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب داشته و مقدار هدایت الکتریکی با وزن مخصوص ۱/۵۴ و ۱/۶۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب نیز در یک گروه معنی‌داری قرار می‌گیرند. جداول ۶ و ۷، نتایج تجزیه واریانس تاثیر فشردگی و رطوبت خاک بر هدایت الکتریکی ظاهری خاک را قبل و بعد از عبور لاستیک نشان می دهد.



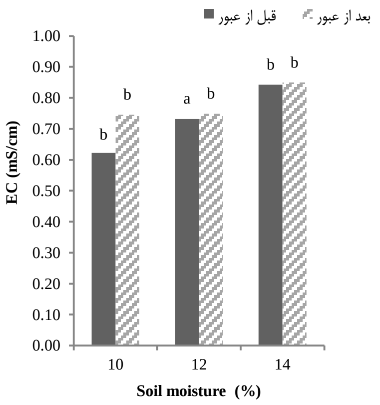
شکل ۱۹– مقایسه هدایت الکتریکی قبل و بعد از عبور لاستیک با وزن مخصوص ۱/۴۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب در رطوبت‌های مختلف

Fig. 19. Comparison of electrical conductivity before and after passing of tire with bulk density 1.47 $g.cm^{-3}$ at different soil moistures



شکل ۲۰– مقایسه هدایت الکتریکی قبل و بعد از عبور لاستیک با وزن مخصوص ۱/۵۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب در رطوبت‌های مختلف

Fig. 20. Comparison of electrical conductivity before and after passing of tire with bulk density 1.54 $g.cm^{-3}$ at different soil moistures



شکل ۲۱– مقایسه هدایت الکتریکی قبل و بعد از عبور لاستیک با وزن مخصوص ۱/۶۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب در رطوبت‌های مختلف

Fig. 21. Comparison of electrical conductivity before and after passing of tire with bulk density 1.69 $g.cm^{-3}$ at different soil moistures

جدول ۵– مقایسه میانگین هدایت الکتریکی بعد از عبور لاستیک در فشردگی‌های مختلف

Table 5- Comparison of the average electrical conductivity after passing of tire at different compactions

فشردگی خاک (تعداد عبور غلتک) Soil compaction (Number of roll)	وزن مخصوص خاک Bulk density ($gr.cm^{-3}$)	هدایت الکتریکی Electrical conductivity ($mS.cm^{-1}$)
2	1.47	0.81^b
4	1.54	0.67^a
6	1.69	0.73^a

اعداد دارای حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

Non-significant difference between numbers with the same letter at level of 5%

جدول ٦– تجزیه واریانس هدایت الکتریکی قبل از عبور لاستیک

Table 6- Analysis of the variance of electrical conductivity before tire pass

منابع تغییرات Source of variations	مجموع مربعات Sum of squares	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares	F	Sig.
مدل Model	0.394^a	8	0.049	1.084	0.093
فشردگی Compaction	0.130	2	0.065	2.751	0.091
رطوبت Moisture	0.131	2	0.065	2.771	0.089
فشردگی*رطوبت Compaction*Moisture	0.133	4	0.033	1.407	0.272
خطا Error	0.425	18	0.025		
جمع Total	11.737	27			

جدول ۷- تجزیه واریانس هدایت الکتریکی بعد از عبور لاستیک
Table 7- Analysis of the variance of electrical conductivity after tire pass

منابع تغییرات **Source of variations**	مجموع مربعات **Sum of squares**	درجه آزادی **df**	میانگین مربعات **Mean of squares**	**F**	**Sig.**
مدل Model	15.151[a]	9	1.683	190.822	0.000
فشردگی Compaction	0.20	2	0.10	1.108	0.352
رطوبت Moisture	0.89	2	0.045	5.060	0.018
فشردگی*رطوبت Compaction*Moisture	0.029	4	0.07	0.816	0.531
خطا Error	0.159	18	0.009		
جمع Total	15.310	27			

در این آزمایش نتیجه‌گیری شد که هرچه میزان فشردگی افزایش یابد مقدار هدایت الکتریکی ظاهری خاک نیز افزایش می‌یابد و هرچه میزان رطوبت کمتر باشد میزان هدایت الکتریکی خاک کاهش می‌یابد یعنی هدایت الکتریکی با فشردگی و رطوبت رابطه مستقیم دارد. نتایج به‌دست آمده در تحقیق گلب و گندک در سال ۲۰۱۲، مشابه آزمایش انجام شده، می‌باشد، این نتایج نشان می‌دهد که تراکم خاک توسط تراکتور برخی از خواص شیمیایی خاک را تغییر داد. عبور تراکتور منجر به افزایش pH و EC شد. همچنین محتوای P و Zn را افزایش داد. بیشتر این تغییرات از نظر آماری تنها در لایه خاکی در عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متر معنی‌دار بود. این اثر می‌تواند به تراکم و نفوذپذیری هوای پایین خاک مربوط باشد. لایه خاک بالا (۲۰-۰ سانتی متر) به تغییرات خواص شیمیایی مقاوم بودند (Glab and Gondek, 2013).

نتایج تحقیق دیگران نشان می‌دهد که میانگین رطوبت خاک، در خاک‌های مختلف که در تاریخ‌های مختلف نمونه‌گیری شده است، همبستگی با میانگین EC_a وجود دارد. زمان مناسب برای اندازه‌گیری EC_a زمانی اتفاق افتاد که رطوبت متوسط و محتوای آب در خاک بیشتر بود. در این شرایط، ضریب تغییرات رطوبت خاک پایین‌تر بود و بین EC_a و رطوبت خاک ارتباطی وجود نداشت و EC_a همبستگی بیشتری با ویژگی‌های دیگر خاک داشت که در این کار ارزیابی شده است. رابطه بین خاک خالص، هدایت الکتریکی و رطوبت خاک کمتر و هنگامی‌که خاک دارای رطوبت بالاتری بود در این سناریو همبستگی با خصوصیات خاک بیشتر بود. تجزیه و تحلیل همبستگی بین هدایت الکتریکی ظاهری و رطوبت خاک یک است (Costa *et al.*, 2014).

اندازه‌گیری مقدار هدایت الکتریکی خاک در عمق ۲۵- ۰ سانتی‌متر خاک انجام شد. در این تحقیق میزان هدایت الکتریکی ظاهری خاک، در فشردگی‌ها و رطوبت‌های مختلف خاک در نقاط وسط خط تردد یک لاستیک تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ و در طول مسیر حرکت آن اندازه‌گیری و نتایج آن گزارش شده است.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی با توجه به تمامی آزمایش‌ها و مقایسه‌های انجام شده بین مقاوت غلتشی، شاخص مخروطی خاک و هدایت الکتریکی قبل و بعد از عبور لاستیک می‌توان نتیجه گرفت که هرچه میزان رطوبت افزایش یابد میزان شاخص مخروطی خاک (CI) کاهش می‌یابد. با کاهش میزان رطوبت خاک، میزان مقاومت غلتشی آن کاهش یافت و هرچه مقدار فشردگی خاک کمتر باشد، مقدار مقاومت غلتشی خاک بیشتر و هرچه مقدار فشردگی خاک بیشتر شود، مقدار مقاومت غلتشی خاک کمتر می‌شود. میزان هدایت الکتریکی قبل و بعد از عبور لاستیک بنا به عبور غلتک متفاوت می‌باشد و این که هرچه میزان رطوبت بیشتر باشد میزان هدایت الکتریکی بیشتر می‌شود چون میزان هدایت الکتریکی با رطوبت رابطه مستقیم دارد و فشردگی بر تمامی پارامترها تاثیر دارد.

References

1. Anonymous, 2014. LandMapper, Research landViser enlightening. Available at: www.Landviser.com
2. Ahmadi, I., and H. Gaur. 2015. Effects of soil moisture content and tractor wheeling intensity on traffic-induced soil compaction, Journal of Central European Agriculture 16 (4): 489-502.

3. Abbaspour-Gilandeh, Y., and A. R. Shaygani-Soltanpour. 2014. Soil cone index prediction using artificial neural networks model and its comparison with regression models. Journal of Soil Management and Sustainable Production 4 (2): 187-204.
4. ASABE, S313.3. 2006. Soil cone penetrometer. ASABE Standard. St. Joseph. MI. USA.
5. ASABE, 2009. ANSI/ASAE S296.5. DEC2003 (R2009). Standard. General terminology for traction of agricultural traction and transport devices and vehicles. ASABE, St. Joseph, MI. USA.
6. Baradaran Motie, J., M. H. Aghkhani, M. H. Abbaspourfard, and A. Lakzian. 2010. Estimation of Apparent Soil Electrical Conductivity Using Direct Contact Method. Journal of Water and Soil 24 (5): 955-965.
7. Blake, G. R., and K. H. Hartge. 1986. Bulk density. In: A. Klute (editor), Methods of soil analysis, Part 1. Physical and mineralogical methods (2th edition). ASA. Monog. No. 9. Madison, Wis., pp. 363-375.
8. Costa, M. M., D. M. de Queiroz, F. de Carvalho Pinto, E. F. dos Reis, and N. Terra Santos. 2014. Moisture content effect in the relationship between apparent electrical conductivity and soil attributes, Acta Sci. Agronomy 100 (5): 395-401.
9. Duiker, S. 2004. Effects of Soil Compaction, Penn State College of Agricultural Sciences research, extension, and resident education programs are funded in part by Pennsylvania counties, the Commonwealth of Pennsylvania, and the U.S. Department of Agriculture.
10. DeJong –Hughes, J. 2003.Tires, Traction and Compaction. University of Minnesota Extension.
11. Elahi-hesar, I., M. A. Hadad-derafshi, and A. Mardani. 2014. Investigation of interaction effect between rolling resistance and soil sinkage inside soil bin facility using single wheel-tester, 8th National Congress on the Engineering of Agricultural Machinery (Biosystems) and Mechanization of Iran. (In Farsi).
12. Gardener, W. H. 1986. Water content. In: A. Klute (editor). Methods of soil analysis, Part 1. Physical and mineralogical methods (2nd edition). ASA. Monog. No. 9. Madison, Wis., pp. 493-541.
13. Gheshlaghi, F., and A. Mardani. 2016. Predicting the wheel rolling resistance regarding important motion parameters using the artificial neural network. Journal of Agricultural Machinery 6 (1): 259-270. (In Farsi).
14. Glab, T., and K. Gondek. 2013. The Influence of Soil Compaction on Chemical Properties of Mollic Fluvisol Soil under Lucerne. Polish Journal of Environmental Studies 22 (1): 107-13.
15. Kumar, A., Y. Chen, A. Sadek, and S. Rahman. 2012. Soil cone index in relation to soil texture, moisture content and bulk density for no-tillage and conventional tillage, Agricultural Engineering International, CIGR Journal, 14 (1): 26-37.
16. Mohammadzadeh, H. 2011. Investigation of Tire and Obstacle Interaction Based on Wheel Parameters, Obstacle and Forward Speed in Soilbin, MSc Thesis, Agricultural Machinery Mechanics Department, Faculty of Agriculture, Uremia University. (In Farsi).
17. Naderi Boldaji, M. A. Kazemzadeh, A. Hemmat, and S. Rostami. 2016. Development of laboratory tests and fields of a boiling sensor, Iranian Biosystems Engineering 47 (2): 291-300.
18. Zare Abyaneh, H., M. Jovzi, A. Afruzi, and A. Gharibzadeh. 2014. Determination of electrical conductivity of the saturation extract (ECe) relationships with a few soil salinity parameters in comparison with the new method of calculating ECe, Journal of Irrigation and Water Engineering 4 (16): 81-93.

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 10, No. 2, Fall- Winter 2020, p. 299-311

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۹، ص ۳۱۱-۲۹۹

Effect of Compaction and Soil Moisture on Apparent Electrical Conductivity of Soil and Rolling Resistance of Tractor Tire

G. Safar alizadeh herisi[1], A. M. Borghei[2], A. Sharifi Malvajerdi[3*]

Received: 17-09-2018
Accepted: 13-02-2019

Introduction

One of the main factors affecting plant growth is soil compaction. More attention should be paid to soil compaction than the past. Soil compaction not only destroys the soil structure, but also leads to a heavier soil structure with natural cavities. The rolling resistance reduces energy and occurs when the tire moves on a soft soil and rolling resistance of the tire is brought about by two processes of soil deformation and wheel change. This force is influenced by the design of the tire, the parameters of the tire, and the characteristics of the soil. The apparent electrical conductivity (ECa) indicates the direct conductivity of direct current in the soil. The electrical conductivity is effective on chemical and physical properties, including the amount of soluble salts in the soil, salinity, cation exchange capacity, soil texture, organic matter content, moisture content and water holding capacity, and compression. The purpose of this study was to investigate the effect of soil compaction and soil moisture on the soil electrical conductivity and rolling resistance of the Messy Ferguson 285 tractor rear tire. This study showed the density and soil moisture were associated with soil electrical conductivity and rolling resistance.

Materials and Methods

This test had independent and dependent variables. The dependent variables including rolling resistance and electrical conductivity, whose values were measured by a torque meter and a portable EC meter. Independent variable comprised of soil compaction and soil moisture measured by Penetrologger and soil moisture measurement tools including soil harvesting cylinder, scale and oven device. Experiments were carried out in the soil bin Laboratory with a 1.7 m wide, 24 m long and 1 m deep with soil texture of clay loamy in Agricultural Engineering Research Institute (Karaj). The soil was prepared layer by layer and up to a depth of 20 cm by the soil preparation unit. In all experiments, the vertical load was fixed at 4000 N and the tire pressure of 6899 $N.m^{-2}$. On each layer, the water was evenly sprayed to reach the desired moisture. To do this research, factorial experiment with soil compaction levels at 3 levels of 2, 4 and 6 roller passes, respectively, with the bulk density of 1.47, 1.54 and 1.69 $g.cm^{-3}$ and soil moisture at 3 levels of 10%, 12% and 14% were used in 3 replications. Data were analyzed using SPSS software. The tools used included the tire test rig, the rear tire of a Massy Ferguson 285 tractor, the soil preparation unit, and the measuring instrument, including the torque meter, the penetrologger and the portable EC meter.

Results and Discussion

In this experiment, it was found that as the amount of moisture increased, the compaction was also increased. The test indicated that the soil rolling resistance was increased by decreasing the soil moisture content. Moreover, increasing in the soil compaction ration led to decreasing the soil rolling resistance. The CI was used at a depth of 20 cm to 0 cm. In these experiments, we concluded that the higher density of compaction resulted in increasing the soil cone index (CI). This index was directly related to the compaction, but it had an adverse relation with the moisture. It means the lower amount of moisture led to the higher amount of CI. The amount of electrical conductivity of soil was measured at a depth of 0-25 cm. In this experiment, we concluded that the higher compaction ratio resulted in the higher electrical conductivity. It means that electrical conductivity had a direct relation with the compaction and the moisture content. The lower moisture content led to the lower electrical conductivity of the soil.

Conclusions

In general, considering all the tests and comparison between rolling resistance, soil cone index and apparent electrical conductivity before and after roller passing, it can be concluded that as the amount of moisture content

1- MSc in Bio Systems Engineering, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran, Iran
2- Professor of Bio Systems Mechanics Engineering, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran, Iran
3- Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran
(*- Corresponding Author Email: a.sharifi@aeeo.ac.ir)

increased, the soil cone index (CI) decreased. The soil cone index (CI) had a relationship with the moisture. The lower moisture content led to the lower soil moisture resistance, as well as the higher moisture content resulted in the higher soil resistance. The lower amount of soil compaction showed the greater soil rolling resistance, and the greater amount of soil compaction caused to the less soil moisture resistance. The electrical conductivity before and after the roller pass was different in the case of roller pass, and the higher amount of moisture led to the greater electrical conductivity, because the electrical conductivity was directly related to the moisture and the compaction affects all parameters.

Keywords: Electrical conductivity, Moisture, Rolling resistance, Soil compaction